

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Kekuatan komposit serat alam dapat ditingkatkan dengan 2 cara yaitu dengan memberikan perlakuan kimia serat atau dengan penambahan *coupling agent* (Gibson, 1994). Akan tetapi perlakuan kimia serat yang sering dilakukan adalah perlakuan alkali seperti NaOH, karena lebih ekonomis.

Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Diharjo K, 2006) bahwa serat rami yang akan dipergunakan sebagai penguat pada komposit serat rami dan polyester terlebih dahulu dilakukan perlakuan kimia, perlakuan alkali yaitu dengan direndam dalam larutan (5% NaOH) selama 0, 2, 4, 6 jam. Selanjutnya, serat tersebut dicuci menggunakan air bersih dan dikeringkan secara alami.

Junaedi (2008), menguji kekuatan tarik dan *impact* komposit berpenguat serat rami dengan variasi panjang serat 25 mm, 50 mm dan 100 mm dengan fraksi volume 90% matrik poliester BQTN 157 dan 10% serat rami, pembuatan komposit dengan cara *prees mold*. Diperoleh kekuatan tarik tertinggi pada komposit dengan panjang serat 100 mm yaitu 52,483 MPa, dengan modulus elastisitas 5577,213 MPa, harga *impact* tertinggi dimiliki oleh komposit dengan panjang serat 50 mm yaitu 0,087 J/mm².

Taufignahman (2004), pengaruh panjang serat pada pengujian ketangguhan retak bahan epoxy resin yang diperkuat dengan serat rami dengan Metode Energi Patah Esensial (*Essential Work of Fracture Method*). Penelitian dilakukan dengan spesimen

berbentuk SENT (*Single Edge Notch Tension*) dengan fraksi massa serat rami sebesar 5 %, dan variasi panjang serat 2,5 mm, 5 mm, 10 mm, yang dilakukan pengujian tarik hingga diperoleh kurva beban vs simpangan. Dari kurva beban simpangan ini kemudian dihitung energi patah total spesifik (w). Spesimen dibuat dengan panjang ligamen yang berbeda-beda untuk satu kelompok uji. Hasil energi patah total spesifik tiap spesimen kemudian diplot ke dalam grafik energi patah total spesifik (w) terhadap panjang ligamen (l), dan diperoleh hubungan linear. Perpotongan garis regresi dengan sumbu vertikal merupakan harga energi patah spesifik (w_e). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa energi patah spesifik (w_e) untuk epoxy resin tanpa diperkuat sent rami sebesar 0,1017 kg.mm/mm², sedangkan untuk epoxy resin dengan variasi panjang serat rami 2,5 mm, 5 mm, 10 mm, berturut-turut adalah sebesar 0,4617 kg.mm/mm², 0,5183 kg.mm/mm², dan 0,6333 kg.mm/mm².

Nurkholis (2008), meneliti kekuatan tarik dan *impak* komposit berpenguat serat rami dengan perlakuan *alkali* (NaOH) selama 2, 4, 6 dan 8 jam dengan fraksi volume serat 10% dan 90% bermatrik polyester BQTN 157, pembuatan komposit dilakukan dengan pencetakan metode *hand lay up* menggunakan kaca sebagai cetakannya dan perlakuan *post cure 600* selama 4 jam, diperoleh kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh komposit serat rami dengan perlakuan *alkali* 8 jam yaitu sebesar 41,9 MPa dengan modulus elastisitas 2743,15 MPa pada perlakuan alkali 2 jam, harga *impak* tertinggi terjadi pada perlakuan *alkali* 4 jam yaitu sebesar 0,0725 J/mm².

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Komposit

Kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* ini berasal dari kata kerja *to compose* yang berarti menyusun atau menggabungkan. Jadi definisi komposit dalam lingkup ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat, ini berbeda dengan *alloy* atau paduan yang digabung secara mikroskopis. Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada *alloy* atau paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975). Sebagai contoh baja, baja adalah *alloy* atau paduan antara Fe dengan C serta sedikit unsur lainnya. Pada baja sudah tidak terlihat mana Fe maupun mana yang C (karbon). Tetapi ini tidak berlaku pada komposit, pada material ini penyusunnya akan terlihat jelas baik itu serat maupun matriknya (Gibson, 1994).

Keunggulan dari material ini adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Orang melakukan penggabungan material ini adalah dalam rangka untuk menemukan sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada material penyusunnya (Gibson, 1994)

Ada tiga faktor yang sangat menentukan sifat-sifat komposit, yaitu (Gibson, 1994) :

a. Material pembentuk

Sifat-sifat yang dimiliki oleh material pembentuk memegang peranan yang sangat penting karena sangat besar pengaruhnya dalam menentukan sifat kompositnya. Sifat dari komposit itu merupakan gabungan dari sifat-sifat komponennya.

b. Bentuk dan susunan komponen

Karakteristik struktur dan geometri komponen juga memberikan pengaruh yang besar bagi sifat komponen. Bentuk dan ukuran tiap komponen dan distribusi serta jumlah relative masing - masing merupakan factor yang sangat penting yang memberikan kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan

c. Hubungan antar komponen

Komposit merupakan campuran atau kombinasi bahan-bahan yang berbeda, baik dalam hal sifat bahan maupun bentuk bahan, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda. Prinsip yang mendasari perancangan, pengembangan dan penggunaan dari komposit adalah pemakaian komponen yang sesuai dengan aplikasinya.

2.2.1.1. Klasifikasi Komposit

Berdasarkan bentuk komponen strukturalnya, bentuk-bentuk komponen utama yang digunakan dalam material komposit dapat dibagi atas tiga kelas, yaitu (Gibson,1994).

1. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

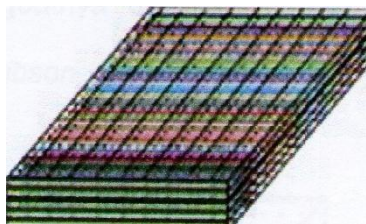
Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber dalam matriks. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (*bulk*). Serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna karena struktur kristal tersusun sepanjang sumbu serat dan cacat internal pada serat lebih sedikit daripada material dalam bentuk curah. Kebutuhan akan penempatan serat dan arah serat yang berbeda menjadikan komposit diperkuat serat dibedakan lagi menjadi beberapa bagian diantaranya (Gibson, 1994) :

- a. *Continuous fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat kontinyu) (lihat Gambar 2.1.)



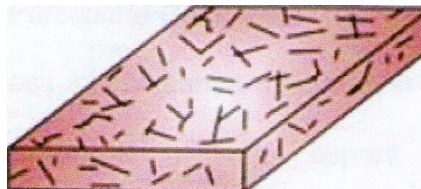
Gambar 2.1. *Continuous fiber composite* (Gibson, 1994)

- b. *Woven fiber composite* (komposit diperkuat serat anyaman)
(lihat Gambar 2.2)



Gambar 2.2. *Woven fiber composite* (Gibson, 1994)

- c. *Chopped fiber composite* (komposit diperkuat serat pendek/acak)
(lihat Gambar 2.3.)



Gambar 2.3. *Chopped fiber composite* (Gibson, 1994)

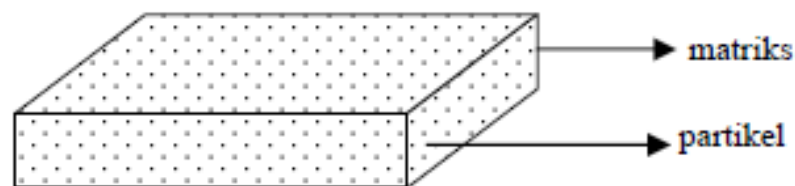
- d. *Hybrid composite* (komposit diperkuat serat kontinyu dan acak)
(lihat Gambar 2.4.)



Gambar 2.4. *Hybrid composite* (Gibson, 1994)

2. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Merupakan composite yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya (Gibson, 1994). Skema komposit partikel diperlihatkan pada Gambar 2.5.

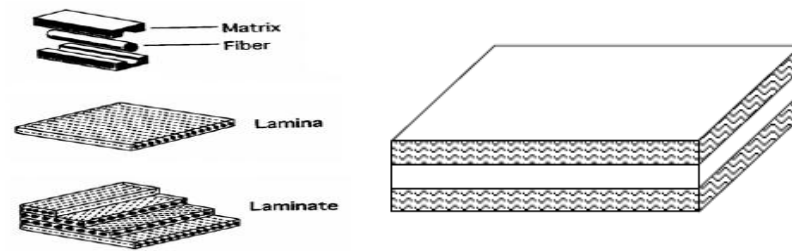


Gambar 2.5. *Particulate Composite* (Gibson, 1994)

Komposit ini biasanya mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, balok, serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang kerap disebut partikel. Dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang ditanamkan dalam suatu matrik dengan material yang berbeda. Partikelnya bisa logam atau non logam, seperti halnya matrik. Selain itu ada pula polimer yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat (Jones, 1999)

3. Komposit Lapis (*Laminates Composites*)

Merupakan jenis komposit terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri (Gibson, 1994). Skema komposit lapis diperlihatkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. *Laminates Composites* (Gibson, 1994)

Merupakan komposit yang tersusun atas dua (atau lebih) lamina. Komposit serat dalam bentuk lamina ini yang paling banyak digunakan dalam lingkup teknologi ataupun otomotif maupun industry. Dalam bentuk nyata dari komposit lamina adalah (Gibson, 1994) :

a. Bimetal

Bimetal adalah lapis dari dua buah logam yang mempunyai *koefisien ekspansi thermal* yang berbeda. Bimetal akan melengkung seiring dengan berubahnya suhu sesuai dengan perancangan, sehingga jenis ini sangat cocok untuk alat ukur suhu (Gibson, 1994).

b. Pelapisan Logam

Pelapisan logam yang satu dengan yang lain dilakukan untuk mendapatkan sifat terbaik dari keduanya (Gibson, 1994).

c. Kaca yang dilapisi

Konsep ini sama dengan pelapisan logam. Kaca yang dilapisi akan lebih tahan terhadap cuaca (Gibson, 1994).

d. Komposit lapis serat

Dalam hal ini lapisan dibentuk dari komposit serat dan disusun dalam berbagai orientasi serat. Komposit jenis ini biasa digunakan untuk panel sayap pesawat dan badan pesawat (Gibson, 1994).

2.2.1.2. Unsur-unsur Utama Pembentuk Komposit

1. Serat

Serat atau fiber dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran Kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material (Surdia, 1999).

Selain itu serat (*fiber*) juga merupakan unsur yang terpenting, karena seratlah nantinya yang akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dan sebagainya. Fungsi utama dari serat adalah :

- Sebagai pembawa beban. Dalam struktur komposit 70%-90% beban dibawa oleh serat
- Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat-sifat lain dalam komposit (lihat Tabel 2.1)
- Memberikan insulasi kelistrikan (*konduktivitas*) pada komposit, tetapi ini tergantung dari serat yang digunakan

Tabel 2.1. Sifat mekanik dari beberapa jenis serat.(Dieter H. Mueller).

		Cotton	Flax	Jute	Kenaf	E-Glass	Ramie	Sisal
Diameter	mm	-	11–33	200	200	5–25	40–80	50–200
Panjang	mm	10–60	10–40	1–5	2–6	-	60–260	1–5
Kekuatan tarik	MPa	330–585	345–1035	393–773	930	1800	400–1050	511–635
Modulus elastisitas	GPa	4.5–12.6	27.6–45.0	26.5	53.0	69.0–73.0	61.5	9.4–15.8
Massa jenis	g/cm ³	1.5–1.54	1.43–1.52	1.44–1.50	1.5	2.5	1.5–1.6	1.16–1.5
Regangan maksimum	%	7.0–8.0	2.7–3.2	1.5–1.8	1.6	2.5–3.0	3.6–3.8	2.0–2.5
Spesifik kekuatan tarik	km	39.2	73.8	52.5	63.2	73.4	71.4	43.2
Spesifik kekakuan	km	0.85	3.21	1.80	3.60	2.98	4.18	1.07

2. Matrik

Matrik biasanya bersifat lebih ulet, kurang keras, dan berkarakter kontinyu. Matriks sebagai mengikat serat dan menyalurkan beban pada serat. Serat ditambahkan ke matrik dalam bentuk tertentu. Serat biasanya memiliki sifat lebih kuat daripada matrik (Surdia, 1999)

Pada bahan komposit matriks mempunyai kegunaan sebagai berikut :

- 1) Matrik memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- 2) Pada saat pembebanan, merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utama yaitu serat.

2.2.2. Karet Alam

Karet alam adalah karet yang dibuat dari getah pohon karet. Sari yang berupa susu yang dipanaskan sampai kering untuk dibuat karet mentah. Proses selanjutnya adalah diplastikan supaya dapat proses dengan lebih mudah dicampur pengisi seperti karbon hitam, zat pewarna, belerang, dan dibentuk memberikan tekanan. Kekenyalan karet alam

dapat ditunjukkan dengan kekuatan tarik yang tinggi dan titik transisi getasnya rendah (Ismail, 2001).

Waranyanya agak kecoklatan, tembus cahaya, atau setengah tembus cahaya dengan berat jenis 0,91 kg – 0,93 kg. Sifat mekaniknya tergantung pada derajat *vulkanisasi*, sehingga dapat menghasilkan banyak jenis seperti ebonit (karet yang keras). Penggunaan karet alam sangat luas seperti ban mobil, pengemas karet, penutup isolasi listrik, bantala, sol sepatu dan lainnya. Turunan dari karet alam adalah ebonit (karet yang keras) dan karet *hidroklorida* (Ismail, 2001).

Karet alam pemakaian relative terbatas karena kepekaan terhadap oksidasi dan resistansinya terhadap suhu adalah rendah dan pada pemakaian dalam waktu yang lama akan retak-retak dan mudah putus. Untuk menaikkan kemampuannya, maka karet alam perlu divulkanisasi, yaitu dengan memanasi dan menambahkan sulfur pada karet alam (Ismail, 2001).

Dengan meambahkan *sulfur* 35 gram akan membuat karet menjadi keras jika kurang dari 20 gram karet menjadi lunak dan sangat elastis. Jadi semakin banyak campuran *sulfumya* akan semakin keras karetnya. Di samping itu perlu bahan pengisi seperti kapur dan bubuk mika. Sedangkan sebagai pelunak, untuk memperbaiki sifat karet adalah dengan menggunakan *asam stearate*, *paraffin*, *vaselin* atau *bitumen*. Untuk bahan penguat digunakan *zeng oxide*, *kaolin* atau *karbon*. Kemampuan isolasi karet mentah murni lebih tinggi dibandingkan dengan karet yang sudah divulkanisasi (Ismail, 2001).

Keistimewaan sifat dari karet, yang tetap menarik perhatian para insinyur perencana adalah dalam hal kemampuan penyimpanan energy yang baik. Kelebihan ini pada umumnya adalah konteks pembebanan. Pada tahun 1839 *Charles Good Year* menambahkan *sulfur* dan *basic lead carbonate* kedalam karet alam dan pemanasan campuran, dan pengubahan dari barang mainan anak-anak atau menjadi terbaik, suatu bahan yang kurang bisa memuaskan sehingga membuktikan produk

barunya dalam pemakaian sehari-hari hingga hari ini. Sejak 1839 terdengarlah kimia dasar dari karet dan bagian terbesar dari metode vulkanisasi, suatu bentuk improvisasi dalam rangka meningkatkan tegangan tarik, tahan sobek, tahan panas, dan *fleksibel* (Ismail, H., Suryadiansyah., 2001).

Karet dari perkebunan dibedakan menurut metode perlakuan serta sumber bahannya. Berbagai tingkatan diantaranya (Ismail, 2001) :

1. *Ribbed Smoket Sheet*
2. *Pale Crepe (tebal atau tipis)*
3. *Guayule*
4. *Blanket*
5. *Brown*

Masing-masing tingkatan memiliki pemakaian yang spesifik di industry. *Ribbed Smoket Sheet (RSS)* adalah karet olahan yang berupa lembaran tipis bewarna kecoklatan dan proses pengeringannya dengan cara diasapkan. Umumnya dipakai untuk ban, sandal, dan insulasi kabel (Ismail, 2001).

Pale Crepe lebih bersih dari pada tipe lain dan dipakai untuk diberi warna-warna menarik (Ismail, 2001).

Guayule adalah bahan utama kadar tinggi, sangat lunak, dan dipakai untuk bahan karet lainnya, seperti tali-temali. *Fine* dipakai untuk kelas tinggi, seperti insulasi listrik, benang, ulir-ulir karet (Ismail, 2001).

Blanket rubber mempunyai batasan warna dan bau terdiri dari bahan asing, karet mentah bisa dibuat agar memiliki plastisisasi yang merata seperti yang diharapkan dengan jalan pencampuran (Ismail, 2001).

Brown Creep adalah karet kering bermutu baik, yang diolah secara baik. Bahan baku yang berasal dari bekuan basah baik dari mangkok sadap. Umumnya dipakai untuk yang diberi warna-warna menarik (Ismail, 2001).

2.2.3. Bahan Kimia Karet

Karet alam maupun karet sintetis tidak pernah digunakan dalam keadaan mentah, karena mudah teroksidasi dan kurang kuat. Karet mentah akan mengalami perubahan bentuk yang permanen bila ditarik, yaitu tidak dapat kembali ke bentuk semula. Dengan kata lain karet mentah kurang elastis (Arizal, R., 2007).

Dalam taun 1839 *Charles Goodyear* menemukan proses vulkanisasi. Dengan penemuan ini karet mentah diubah menjadi karet matang yang memiliki sifat elastis dan sifat lebih tahan terhadap perubahan suhu, sehingga menjadi barang yang serba guna (Arizal, R., 2007).

Proses vulkanisasi asal mulanya adalah reaksi antara karet dengan belerang yang berlangsung pada suhu tinggi. Kini kecuali belerang kedalam karet mentah yang telah dimastikasi, ditambahkan pula beberapa jenis bahan kimia lain. *Thomas Hancock* (1842) adalah penemu dari proses mastikasi (Arizal, R., 2007).

Tujuan penambahan bahan kimia kedalam karet mentah adalah untuk:

- a. Memudahkan pengerjaan pada proses pembuatan karet
- b. Memungkinkan kompon karet tervulkanisasi
- c. Membuat barang keperluan dengan sifat fisik yang sesuai dengan kebutuhan pemakaian.

Campuran karet mentah dengan bahan-bahan kimia tertentu disebut kompon karet. Bahan-bahan kimia terdiri atas bahan kimia utama, yaitu bahan yang diperlukan dalam setiap kompon karet. Biaya kompon diusahakan rendah tanpa harus mengorbankan mutu barang jadi karetnya (Arizal, R., 2007).

Susunan suatu kompon karet terdiri dari 6 jenis bahan kimia utama. Masing-masing bahan memiliki fungsi spesifik dan mempunyai karakter

terhadap sifat pengerjaan dan harga dari barang jadi karetinya (Arizal, R., 2007).

Bahan-bahan kimia utama karet dapat dikelompokkan kedalam 6 golongan sebagai berikut :

1. Bahan pemvulkanisasi (*vulkanisasi*)
2. Bahan pencepat (*accelerator*)
3. Bahan penggiat (*activator*)
4. Bahan antidegradasi (*antioksidant*)
5. Bahan pengisi (*filler*)
6. Bahan pelunak.

2.2.3.1. Bahan-bahan kimia utama

1. Bahan pemvulkanisasi (*vulkanisasi*)

Pada proses vulkanisasi, kompon karet menjadi matang dan produknya disebut vulkanisat. Untuk proses vulkanisasi diperlukan bahan pemvulkanisasi, karena tanpa bahan tersebut kompon karet tidak akan matang. Bahan pemvulkanisasi dapat pula dihasilkan oleh suatu bahan yang pada saat vulkanisasi melepaskan belerang (*sulphur donor*). Selama proses vulkanisasi rantai-rantai molekul karet yang semula terlepas dan dapat bergerak bebas menjadi terikat oleh bahan pemvulkanisasi membentuk jaringan tiga dimensi. Dengan demikian kompon karet yang semula lembek dan tidak elastis diubah menjadi barang karet yang kuat dan elastis (Arizal, R., 2007).

Bahan pemvulkanisasi yang paling banyak digunakan adalah belerang (*sulphur*), yaitu untuk memvulkanisasi *NR* (*Natural Rubber*), *SBR* (*Styrene Butadiene Rubber*), *BR* (*Butadiene Rubber*), *IR* (*Isoprene Rubber*), *NBR* (*Nytrile Butadiene Rubber*), *IIR* (*Isobutene Isoprene Rubber*) dan *EPR* (*Ethylene Propylene Rubber*). Bahan pemvulkanisasi yang umum digunakan untuk *CR* (*Chloroprene Rubber*) adalah oksida

logam. Bahan pemvulkanisasi lainnya adalah peroksida organik, damar fenolik, bahan pemvulkanisasi uretan dan radiasi dengan sinar gama (Arizal, R., 2007).

Belerang yang digunakan sebagian besar adalah *soluble sulphur*. Pada pemakaian dosis tinggi dan selama penyimpanan belerang tersebut akan bermigrasi ke permukaan kompon yang disebut *blooming*. Gejala tersebut tidak dikehendaki karena akan mengurangi daya rekat antara lapisan kompon. Untuk mengatasi gejala tersebut dapat digunakan *insoluble sulphur* (Arizal, R., 2007).

2. Bahan pencepat (*accelerator*)

Proses vulkanisasi kompon karet yang hanya mengandung belerang sangat lambat. Guna mempercepat vulkanisasi diperlukan satu atau kombinasi daripada dua atau lebih bahan pencepat (Arizal, R., 2007).

Bahan pencepat banyak jenisnya dan dapat dikelompokkan kedalam beberapa golongan antara lain :

- a. *Thiazzol* : MBTS, MBT
- b. *Sulfenamida* : CBS
- c. *Guanidine* : DPG, DOTG
- d. *Thiuram Sulfida* : TMT, TMTD
- e. *Dithiokrabamat* : ZDC, ZDMC
- f. *Dithiofosfat* : ZBPP.

Bahan pencepat dapat pula digolongkan berdasarkan fungsinya yaitu

- a. Bahan pencepat lambat (*adelhida amina*)
- b. Bahan pencepat sedang (*guanidine* : DPG, DOTG)
- c. Bahan pencepat cepat sedang (*thiazzol* : MBTS, MBT dan *sulfenamida* : CBS)
- d. Bahan pencepat cepat (*thiuram sulfida* : TMT, TMTD)
- e. Bahan pencepat sangat cepat (*dithiokrabamat*)

3. Bahan penggiat (*activator*)

Bahan biasa disebut bahan pengaktif. Bahan ini digunakan untuk menggiatkan kerja dari bahan pencepat dimana pada umumnya zat pencepat organik tidak akan berfungsi secara efisien tanpa bahan penggiat. Penggiat yang paling umum digunakan adalah kombinasi ZnO (*Zinc Oxide*) dan asam stearate (Arizal, R., 2007).

4. Bahan anti degradasi (*antioksidant*)

Untuk melindungi barang karet dari kerusakan yang disebabkan karena oksigen dan ozon dari udara, maka dalam kompon karet perlu ditambahkan anti oksidan dan anti ozonan. Bahan tersebut ada juga yang melindungi karet dari ion tembaga, ion mangan, dan ion besi (*pro oksidan*), suhu tinggi sinar matahari, dan retak lentur (Arizal, R., 2007).

Anti oksidan juga banyak jenisnya dan dapat dikelompokkan kedalam golongan :

- a. *Fenil naftilamin*
- b. *Kondensat aldehyd amina*
- c. *Kondensat keton amina*
- d. *Turunan difenil amina*
- e. *Fenil sulfide*
- f. *Turunan fenol*

Turunan oksidan golongan amina dan turunannya merupakan anti oksidan yang dapat melindungi karet dengan baik, tetapi untuk barang karet berwarna lebih cerah anti oksidan ini akan membuat baranag karet berwarna lebih gelap dan terlihat bercak coklat. Sebaliknya anti oksidan golongan *fenol* dan turunannya mempunyai daya penangkal lebih rendah tetapi tidak menjadikan barang karetnya berwarna gelap. Anti oksidan umunya digunakan dalam jumlah kecil yaitu antara 1-2 bagian per seratus bagian karet (Arizal, R., 2007).

Beberapa jenis lilin (*wax*) dapat melindungi karet dalam keadaan statis terhadap ozon yaitu dengan membentuk lapisan lilin tipis pada permukaan barang karet. Akan tetapi untuk barang yang mengalami beban dinamis sistem proteksi ini kurang efektif (Arizal, R., 2007).

5. Bahan pengisi (*filler*)

Dalam kompon karet bahan pengisi ditambahkan dalam jumlah yang besar. Bahan pengisi dibagi atas dua golongan yaitu golongan bahan pengisi tidak aktif dan golongan bahan pengisi aktif atau bahan pengisi penguat (*reinforcing filler*). Bahan pengisi penguat akan meningkatkan kekerasan, ketahanan sobek, ketahanan kikis dan tegangan putus pada bahan karetnya. Penambahan bahan pengisi tidak aktif hanya akan menambah kekerasan dan kekakuan pada barang karetnya, sedangkan kekuatan dan sifat lainnya akan berkurang. Harga bahan pengisi aktif relative lebih murah dan terutama digunakan untuk menekan harga barang jadi karetnya. Golongan bahan pengisi tidak aktif antara lain : *kaolin*, *clay* (*berbagai jenis tanah liat*), *kalsium karbonat*, *magnesium karbonat*, *tarium sulfat* dan *barit*. Dalam golongan bahan penguat termasuk *carbon black*, *silica*, *aluminium silikat* dan *magnesium silikat*. Penguatan pada bahan pengisi ditentukan oleh ukuran, keadaan permukaan, dan bentuk butir halusnya (Arizal, R., 2007).

Tabel 2.2. *Jenis-jenis Carbon Black* (Arizal, R., 2007)

Jenis	Kode ASTM	Keterangan	Ukuran (μm)
SRF-HM	N-770	<i>Semi reinforcing furnance</i>	83
MFT	N-785	<i>Medium processing furnance</i>	83
GPF	N-660	<i>General purpose furnance</i>	70
HMF	N-601	<i>High modulus furnance</i>	61
FEF	N-550	<i>Fast extrusion furnance</i>	47
FF	N-440	<i>Fine furnance</i>	42
HCF	N-472	<i>Extra conducting furnance</i>	-
HAF	N-330	<i>High abrasion furnance</i>	32
HAF-LS	N-326	<i>HAF- low structure</i>	32
SCF	N-294	<i>Super conducting furnance</i>	-
CF	N-293	<i>Conducting furnance</i>	-
ISAF-HS	N-242	<i>Intermediate super abrasion furnance-high structure</i>	28
ISAF	N-220	<i>Intermediate super abrasion furnance</i>	28
ISAF-LS	N-219	<i>ISAF low structure</i>	28
SAF	N-110	<i>Super abrasion furnance</i>	22

Ket : yang berwarna kuning dipakai dalam penelitian ini

Bahan pengisi penguat pada penambahan optimum akan meningkatkan kekuatan tarik, modulus, ketahan sobek, ketahan kikis dan retak lentur. Untuk memperoleh kekuatan yang maksimum maka butir-butir bahan pengisi penguat tersebut harus tersebar baik dan merata dalam kompon karet (Arizal, R., 2007).

Meningkatkan penambahan *carbon black* mempengaruhi sifat kompon sebagai berikut : viskositas dan kekuatan kompon (*green strength*) akan bertambah, permukaan kompon bertambah baik, tapi daya lekat kompon akan berkurang (Arizal, R., 2007).

Terhadap vulkanisat berpengaruh sebagai berikut : kekuatan tarik, ketahanan sobek dan ketahanan kikisnya meningkat kemudian menurun kembali. Perpanjangan putus dan daya pantulnya menurun, sedangkan kekerasan, tegangan tarik dan pampatan tetapnya akan bertambah (Arizal, R., 2007).

6. Bahan pelunak

Bahan pelunak dicampurkan kedalam kompon karet dengan tujuan sebagai berikut :

- a. Memudahkan pencampuran bahan pengisi yang merata dalam kompon karet. Penambahan banyak bahan pengisi harus diimbangi dengan penambahan bahan pelunak yang cukup karena penambahan bahan pengisi akan meningkatkan kekerasan sedangkan penambahan bahan pelunak akan mengurangi kekerasan. Bahan pengisi dan bahan pelunak di tambahkan bersama-sama agar dihasilkan vulkanisat dengan kekerasan konstan
- b. Mempersingkat waktu dan menurunkan suhu pencampuran
- c. Menurunkan kekerasan vulkanisat
- d. Memudahkan proses pemberian bentuk

Contohnya bahan pelunak adalah minyak mineral (*paraffinic*, *naftanic*, *aromatic*), lilin paraffin dan minyak nabati. Minyak *aromatic* bercampur baik dengan *NR* (*Natural Rubber*), *SBR* (*Styrene Butadiene Rubber*), *BR* (*Butadiene Rubber*) akan tetapi kurang baik untuk *IR* (*Isoprene Rubber*), *IIR* (*Isobutene Isoprene Rubber*) dan *EPR* (*Ethylene Propylene Rubber*). Minyak *paraffinic* mempunyai sifat kebalikannya. Sedangkan minyak *naftanik* berada diantaranya. Khusus untuk *NBR* (*Nytrile Butadiene Rubber*) dan *CR* (*Chloroprene Rubber*) (karet-karet polar) digunakan bahan pelunak ester. Bahan pelunak jenis lain adalah *bitumen* (*mineral rubber*), *pinetar* dan *faktis*. Damar (*Coumarone Resin*, *phenolic resin*) lebih banyak digunakan

untuk meningkatkan daya rekat (*tackiness*) dari kompon karetinya, sedangkan *petrolatum* dan *paraffin wax* berfungsi sebagai pelumas.

2.2.4. Serat Rami

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) merupakan tanaman tahunan yang mudah tumbuh dan berkembang baik di daerah tropis. Rami merupakan tanaman yang serba guna. Daunnya merupakan bahan kompos dan pakan temak bergisi tinggi, pohonnya baik untuk bahan bakar, tetapi yang paling bernilai ekonomi tinggi adalah serat dari kulit kayunya

Serat rami ini merupakan bahan yang dapat diolah untuk kain fashion berkualitas tinggi dan bahan pembuatan selulosa berkualitas tinggi (*selulose*). Selulosa α berkualitas tinggi merupakan salah satu unsur pokok pembuatan bahan peledak dan atau propelan (*propellant*) yaitu isian dorong untuk meledakkan peluru. Kayu dan serat rami dapat diolah menjadi *pulp* berkualitas tinggi sebagai bahan baku pembuatan kertas.

Tanaman rami juga sangat baik ditanam di lahan gundul atau di lereng ketinggian yang memiliki kemiringan besar. Karena rami tumbuh dari tunas akar sehingga dapat tumbuh dan berkembang biak berumpun dengan cepat seperti halnya bambu. Oleh karena itu tanaman rami sangat efektif untuk menahan erosi.

Bentuk Serat Rami. Serat rami panjangnya sangat bervariasi dari 2,5 cm sampai dengan 50 cm dengan panjang rata-rata 12,5 cm sampai dengan 15 cm. diameternya berkisar antara 25 μ sampai dengan 75 μ dengan rata-rata 30 – 50 μ . Bentuk memanjang serat rami seperti silinder dengan permukaan bergaris-garis dan berkerut-kerut membentuk benjolan-benjolan kecil. Sedangkan irisan lintang berbentuk lonjong memanjang dengan dinding sel yang tebal dan lumen yang pipih.

Sifat fisika serat rami dalam keadaan standar adalah sebagai berikut :

- Kekuatan : 33 – 99 gr/tex rata-rata 67 – 78 gr/tex
- Mulur : 2 – 10 % rata-rata 3 – 4 %
- Kehalusan : 0,5 – 1, 16 tex rata-rata 0,66 – 0,77 tex
- Moisture regain : 12 %
- Berat jenis : 1,50 – 1,55 rata-rata 1,51

2.2.5. Ebonite

Ebonite atau disebut juga sebagai *hard rubber* (karet keras) di buat dari bahan baku karet alam (*natural rubber*) dan atau karet sintetis BR (*butadiene rubber*), SBR (*styrene butadiene rubber*) dan NBR (*nitril butadiene rubber*) yang di campur dengan sulfur dalam jumlah cukup banyak sekitar 25-60 phr kemudian di vulkanisasi dengan pemanasan dalam waktu yang cukup lama (Maurya, 1980). Proses pemanasan bisa berlangsung sampai dengan 10 jam, pada suhu 100°C (Maurya, 1980).

Dalam rangka untuk meningkatkan kekuatan tekan dan propertis lain, pada karet biasanya dilakukan komponding dan divulkanisasi dengan sulfur, bahan pencepat dan *activator*. Ketika karet mengalami proses vulkanisasi dengan 25-40% sulfur tanpa *accelerator* atau pencepat, karet tersebut menjadi keras dengan *densitas crosslink* yang tinggi atau dinamakan ebonite (*hard rubber*). Ebonite biasanya memiliki ketahanan kimia yang tinggi, kekakuan yang tinggi hingga 50°C, biasanya terlihat cerah berkilau. Struktur *crosslink* ebonit diperkenalkan pada tahun 1958, dimana salah satu atom sulfur membentuk *crosslink* diantara rantai-rantai atau terhubung hanya dengan atom tunggal, *crosslink* terbentuk oleh grup atom S_x (Patamaprom, 2005).

Satu dari aplikasi yang potensial dari ebonite adalah untuk menggantikan kayu keras bantalan pada rel kereta api, untuk aplikasi ini kekuatan tekan lebih diutamakan daripada kekuatan tarik. Ebonite dapat juga digunakan untuk produk specimen yang tebal dan lebar oleh karena

proses *curing* yang lama. Pada *curing* yang lambat digunakan untuk sampel yang tebal karena dapat mencegah *over curing* pada permukaan dan miskin *curing* pada lapisan inti dalam, kekurangan dari *curing* lambat adalah membutuhkan energy dan biaya yang tinggi.

2.2.6. Perlakuan Alkali (NaOH)

Sifat alami serat adalah *Hyrophilic*, yaitu suka terhadap air berbeda dari polimer yang *Hydropholic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *Hydropholic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal (Rachman, A., F., 2007).

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori arhenius basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negative dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan akan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa.

Salah satu indicator yang digunakan untuk menunjukan kebasaaan adalah lakmus merah. Bila lakmus merah dimasukkan kedalam larutan basa maka berubah menjadi biru (Rachman, A., F., 2007).

2.2.7. Rancangan Kompon

Dalam menyusun formula atau merancang kompon yang spesifikasi teknisnya ditentukan oleh konsumen, selain harus memperhatikan sifat-sifat vulkanisat yang harus memenuhi persyaratan juga memperhatikan biaya kompon dan tahap pengolahannya (Arizal, R., 2007).

Umumnya kompon karet dibuat dengan campuran karet mentah dan bahan-bahan kimia seperti bahan pencepat (*accelerator*), bahan penggiat (*activator*), bahan pengisi (*filler*), bahan vulkanisasi dan anti

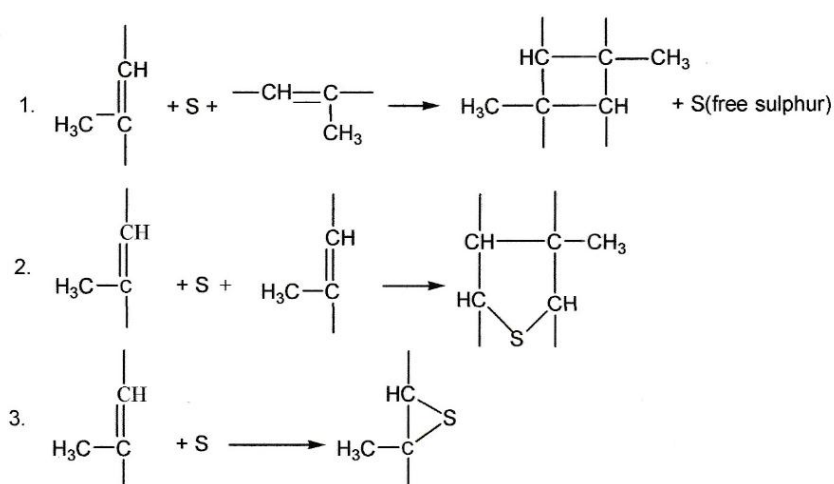
oksidant (anti degradasi) yang belum divulkanisasi. Dalam proses pembuatannya digunakan bahan-bahan kimia yang ditambahkan pada bahan baku karet untuk memperoleh sifat fisis dan kimiawi dari kompon karet yang lebih baik.

2.2.8. Vulkanisasi

Vulkanisasi berasal dari kata Vulkan, yaitu dewa api dalam agama orang Romawi. Dalam ilmu material Vulkanisasi adalah proses perbaikan sifat karet, terutama kekuatan dan keelastisitasannya. Sifat karet yang lebih baik setelah vulkanisasi terjadi karena adanya perubahan pada struktur molekul polimer karet yaitu terbentuknya ikatan silang antar rantai polimer karet oleh atom-atom belerang.

Eurich (1978) mengatakan bahwa proses vulkanisasi adalah membuat bahan (karet mentah) menjadi elastis. Pada umumnya terjadi pembentukan jaringan molekul secara kimia dan rantai molekul yang bebas. Molekul karet akan bereaksi dengan zat kimia yang ditambahkan membentuk jaringan yang stabil sehingga tidak mudah berubah bentuknya.

Menurut Prins yang disitasi oleh Barron (1947) mengatakan bahwa pada proses vulkanisasi yang menggunakan belerang akan terjadi reaksi :



Gambar 2.7. Proses vulkanisasi

S seperti yang terlihat pada reaksi 1 berbentuk S bebas yang artinya S tidak ikut bereaksi dengan karet. Sedang pada reaksi 2 dan 3, S ikut berikatan dengan karet sehingga tidak dapat dipisahkan.

Abednego (1979) mengatakan bahwa proses vulkanisasi dapat dilakukan dengan cara:

- Pemanasan serta tekanan dalam acuan (*moulding*)
- Dengan uap terbuka (*open steam*) dalam *autoclaf*, barang karet yang dimasukkan dalam mandret atau digantung dalam bak yang berisi *talk*
- Dengan kain berlapis, kompon karet atau belting secara terus menerus pada silinder pemisah.

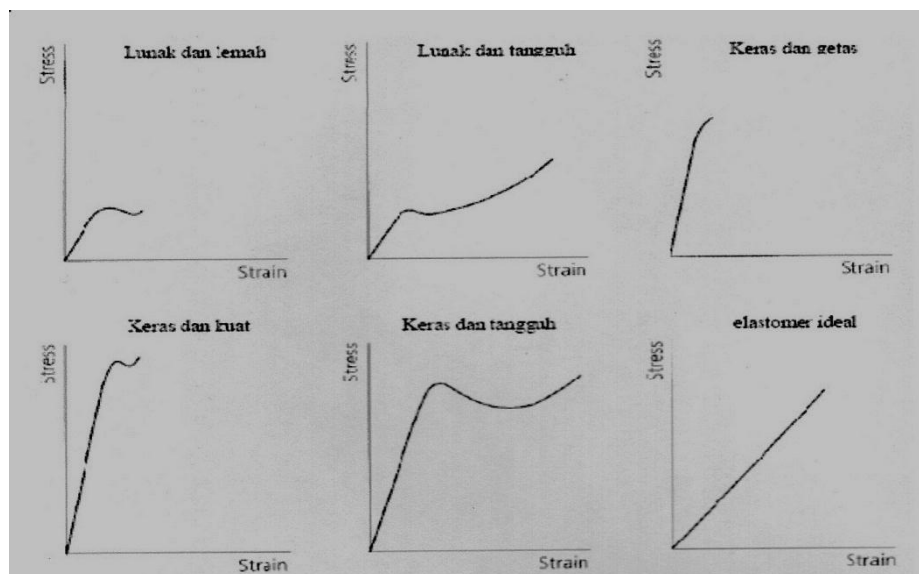
Barron (1947) mengatakan bahwa penambahan belerang sebagai bahan pemvulkanisasi mempunyai pengaruh: karet menjadi matang, *tensile strength* bertambah tinggi, sukar larut dalam *solvent*, dan karet menjadi elastis.

2.2.9. Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan maksimum, tegangan luluh dan regangan (perpanjangan). Pembebanan tarik dilakukan dengan memberikan beban secara perlahan-lahan sampai material komposit mengalami putus. Adapun keuletan material, daerah elastis dan daerah plastis serta titik putus akan terlihat dari grafik yang ada. Sebagian besar bahan mengalami perubahan sifat dari elastis menjadi plastis yang berlangsung sedikit demi sedikit, dimana titik awal saat terjadinya deformasi plastik sukar ditentukan secara teliti. Tegangan luluh, biasanya didefinisikan sebagai tegangan luluh *offset*, adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan (ASTM 638-02).

Metode pengujian ini dirancang untuk menghasilkan data properti tarik untuk control dan spesifikasi bahan plastic. Data ini juga berguna

untuk karakterisasi kualitatif dan untuk penelitian dan pengembangan. Untuk beberapa bahan, mungkin ada spesifikasi yang diperlukan dalam penggunaan metode pengujian ini, dan dengan procedural modifikasi yang didahulukan ketika mengikuti spesifikasi. Oleh karena itu, disarankan untuk merujuk dengan spesifikasi material sebelum menggunakan metode pengujian (ASTM 638-02).



Gambar 2.8. Sifat komposit pada pengujian tarik (Surdia, T., 1995)

Disadari bahwa material tidak dapat diuji tanpa juga menguji metode penyusunan bahan itu. Perhatian yang ketat harus dilakukan untuk memastikan bahwa semua sampel disiapkan dengan cara yang sama, kecuali tes ini adalah untuk menyertakan efek persiapan sampel (ASTM 638-02).

Tarik properti dapat menyediakan data yang berguna untuk desain plastic rekayas. Namun, Karena derajat kepekaan yang tinggi ditunjukkan oleh banyak plastic pada pengaruh dari tegangan dan kondisi lingkungan, data yang diperoleh oleh cara uji tidak dapat dianggap sah untuk aplikasi yang melibatkan skala beban-waktu atau lingkungan yang sangat berbeda dari metode pengujia. Dalam kasus perbedaam tersebut, tidak ada estimasi yang dapat diandalkan untuk batas kegunaan yang dapat dibuat untuk banyak bahan plastik (ASTM 638-02).

Hitung kekuatan tarik dengan membagi beban maksimum dalam Newton oleh luas penampang minimum specimen asli dalam meter persegi. Nyatakan hasil dalam pascal dan nyatakan dengan tiga angka yang signifikan sebagai kekuatan tarik pada titik luluh atau kekuatan tarik putus (ASTM 638-02).

Jika specimen memberikan hasil beban saat luluh yang lebih besar daripada beban putus, hitung persen elongasi pada saat titik luluh. Jika tidak, hitung persen perpanjangan pada putus. Lakukan ini dengan membaca ekstensi pada beban yang berlaku tercapai. Bagi elongasi yang dicapai dengan panjang gage asli dan kalikan dengan 100. Catat persen perpanjangan saat titik luluh atau persen perpanjangan putus dengan dua angka signifikan (ASTM 638-02).

Kekuatan tarik komposit dipengaruhi beberapa hal antara lain yaitu:

a. Temperature

Apabila temperature naik, maka kekuatan tariknya akan turun

b. Kelembaban

Pengaruh kelembaban ini akan mengakibatkan bertambahnya absorpsi air, akibatnya akan menaikkan regangan patah. Sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.

c. Laju tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan apabila laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat, tetapi regangannya mengecil.

Hubungan antara tegangan dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut (ASTM 638-02) :

$$\sigma = \frac{F}{A_o}$$

keterangan : σ = Tegangan (N/mm^2)

F = Gaya (Newton)

A_o = Luas Penampang Patahan (mm^2)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan disbanding dengan panjang daerah ukur (*gage length*). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis proporsional pada grafik tegangan regangan. Nilai regangan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \left(\frac{l - l_0}{l_0} \right)$$

keterangan : ε = Regangan (%)

Δl = Deformasi/pemanjangan (mm)

l_0 = Panjang mula – mula (mm)

l = Panjang akhir (mm)

Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta l = \frac{F}{A} \cdot \frac{l}{E}$$

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{F}{A} \cdot \frac{1}{E} \rightarrow \varepsilon = \sigma \cdot \frac{1}{E} \rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E}, \text{ Maka } E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

keterangan : E = Modulus Elastisitas tarik (MPa)

σ = Kekuatan tarik (MPa)

F = Gaya (N)

ε = Regangan (%)

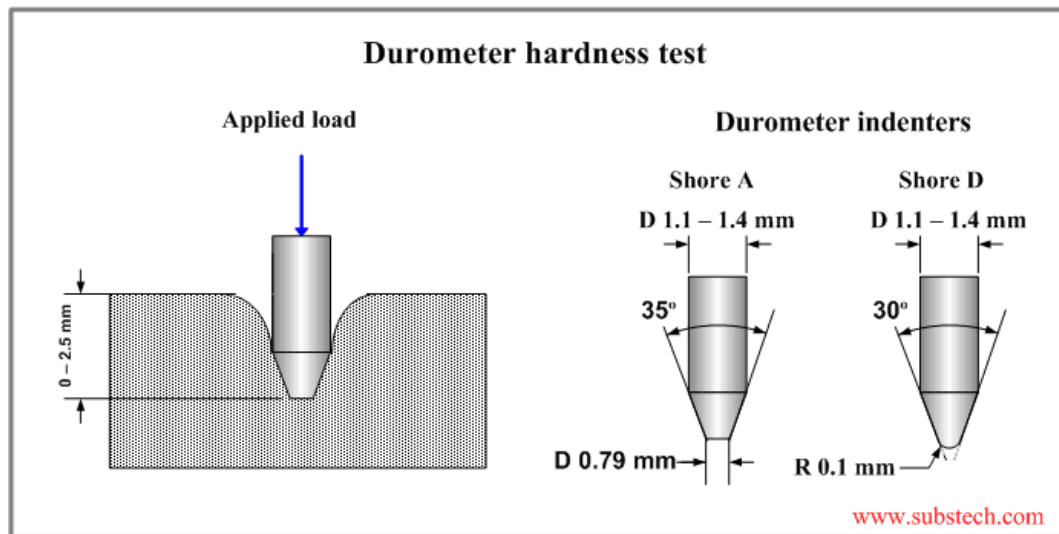
2.2.10. Pengujian Kekerasan

Istilah kekerasan sering dipakai, akan tetapi sukar bagi kita untuk mendefinisikannya secara tepat. Sementara dapat dikatakan bahwa kekerasan adalah kriteria untuk menyatakan intensitas tahanan suatu bahan terhadap deformasi yang disebabkan objek lain. Ada tiga macam cara pengujian kekerasan yaitu (SNI 0788-09)

1. Pengujian penekanan
2. Pengujian goresan
3. Pengujian *resilience* yang pada umumnya dilakukan dengan cara tidak merusak

Standar ini mengizinkan pengukuran kekerasan berdasarkan permulaan tukan atau setelah beberapa waktu tukan dimulai atau kedua-duanya. Metode ini didasari dari penetrasi dari *indentor* yang spesifik terhadap material dibawah kondisi yang spesifik pula. Kekerasan indentasi (tukikan) berbanding terbalik dengan penetrasi dan dipengaruhi oleh modulus elasisitas dan viskoelastisitas material (SNI 0788-09).

Metode ini mencakup dua tipe durometer, A dan D dan prosedur untuk menentukan kekerasan indentasi (tukikan) dari material seperti vulkanisat yang lunak hingga beberapa contoh *plastic* yang keras. Tipe A *durometer* digunakan untuk pengukuran material yang lebih lunak dan tipe D untuk material yang lebih keras (SNI 0788-09).



Gambar 2.9. kekerasan shore A dan shore D.

(www.google.co.id/durometertesting)

Bahan polimer menunjukkan sifat kekerasan yang berbeda dibandingkan dengan logam karena sifat viskoelastisitasnya yang telah diterangkan diatas. Karena besarnya deformasi elastis dan pemulihan yang cepat, pada pengujian penekanan hasil kekerasan yang didapat lebih besar dari kekerasan seharusnya (SNI 0778 - 09).

2.2.11. Pengujian *Impact* (*Izod Impact*)

Pengujian *impact* bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian *impact* merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban *impact*).

Dalam pengujian impact terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu : *impact charpy* dan *impact izod*. Pada pengujian standar *charpy* dan *izod* di rancang dan masih digunakan untuk mengukur *energy impact* yang juga dikenal dengan ketangguhan takik (*notch toughness*).

Spesimen *charpy* berbentuk batang dengan penampang lintang bujur sangkar dengan takik V oleh proses permesinan. Beban didapat dari tumbukan oleh palu pendulum yang dilepas dari posisi ketinggian h . Specimen diposisikan pada dasar alat uji impact dengan dibantu alat pencekam specimen, ketika lepas ujung pisau pada palu pendulum akan menabrak dan mematahkan specimen ditakikannya yang bekerja sebagai titik konsentrasi tegangan untuk pukulan impact dengan kecepatan tinggi. Palu pendulum akan melanjutkan ayunan untuk mencapai ketinggian maksimum h' yang lebih rendah dari pada h . Energi yang diserap dihitung dari perbedaan h' dan h ($mgh - mgh'$) adalah ukuran dari impact. Posisi simpangan lengan pendulum terhadap garis vertical sebelum dibenturkan adalah α dan posisi lengan pendulum terhadap garis vertical setelah membentur specimen adalah β panjang lengan ayunan adalah R dengan mengetahui besarnya energy potensial yang diserap oleh material maka kekuatan impact benda uji dapat dihitung (ASTM D256-00).

$$\text{Eserap} = \text{energy awal} - \text{energy yang tersisa}$$

$$= m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h'$$

$$= m \cdot g (R \cdot \cos \beta) - m \cdot g (R \cdot \cos \alpha)$$

$$\text{Eserap} = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Dimana :

Eserap : energy serap (Joule)

m : berat pendulum (kg)

g : percepatan gravitasi (m/s^2) = 9.81 m/s^2

R : panjang lengan (m)

α : sudut pendulum sebelum diayunkan ($^\circ$)

β : sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen ($^\circ$)

harga impact dapat dihitung dengan :

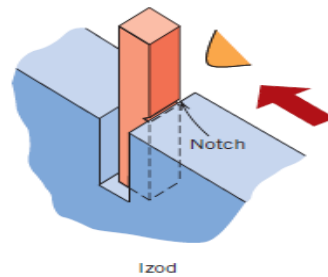
$$HI = \frac{E_{serap}}{A_0}$$

Dimana :

HI : harga impact (J/mm²)

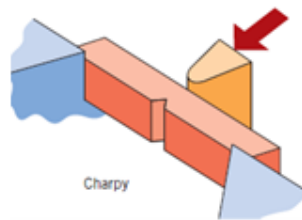
E_{serap} : energi serap (Joule)

A_0 : luas penampang (mm²)



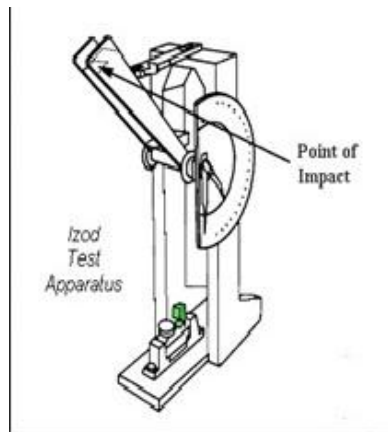
Gambar 2.10. pengujian impact jenis *izod*

www.google.co.id/pengujian_impact_izod



Gambar 2.11. pengujian impact jenis *charpy*

www.google.co.id/pengujian_impact_charpy



Gambar 2.12. Skematik Uji *Impact*

[www.google.co.id/pengujian *impact*](http://www.google.co.id/pengujian%20impact)

Pengujian *impact* dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Material yang getas, bentuk patahannya akan bermukaan yang merata hal ini menunjukkan bahwa material yang getas akan cenderung patah akibat tegangan normal
2. Material yang ulet akan terlihat meruncing, hal ini menunjukkan bahwa material yang ulet akan patah akibat tegangan geser
3. Semakin besar posisi sudut β akan semakin getas, demikian sebaliknya arti pada material getas energi untuk mematahkan material cenderung semakin kecil, demikian sebaliknya

2.2.12. Pengujian tarik serat tunggal

Pengujian properties dasar serat berguna mengetahui kekuatan tarik serat yang dilakukan dengan metode pengujian tarik serat tunggal. Metode ini dibatasi pada filament-filamen tunggal dengan memanfaatkan panjang ukuran setidaknya 2000 kali lebih panjang daripada diameter filament/serat nominal. Serat/filamen tersebut ditarik sehingga spesimen uji sejajar sumbunya pada jepitan-jepitan mesin uji *crosshead* yang dapat digerakan dan berkecepatan tetap. Filament/serat kemudian di tarik

sampai kegagalan pada tingkat ketegangan konstan (ASTM D3379-75).
Specimen uji tarik serat tunggal mengacu pada standar ASTM D3379-75.

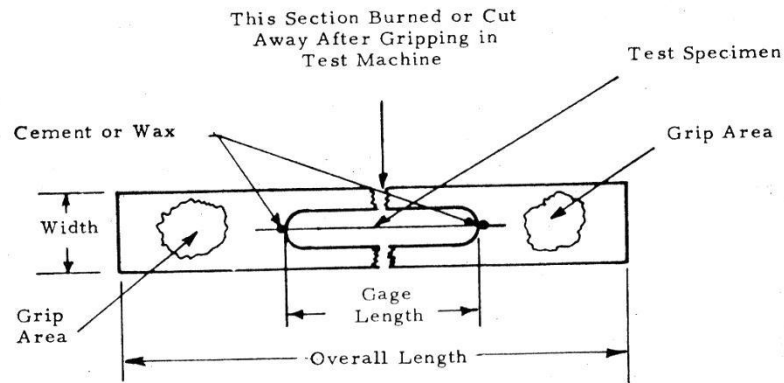


FIG. 1 Tab Showing Typical Specimen Mounting Method.

Gambar 2.13. Spesimen Uji Tarik Serat

Untuk menghitung kuat tarik serat sebagai berikut (ASTM D3379-75):

$$T = \frac{F}{A}$$

dimana:

T = kuat tarik, (N/mm^2)

F = gaya sampai kegagalan, (N)

A = luas penampang serat (mm^2).